



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 288 389**

⑫ Número de solicitud: 200550065

⑬ Int. Cl.:  
**C22C 21/10** (2006.01)

⑭

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑮ Fecha de presentación: **09.04.2004**

⑯ Prioridad: **10.04.2003 EP 03076049**

⑰ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2008**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**01.01.2008**

⑲ Solicitante/s:  
**Corus Aluminium Walzprodukte GmbH  
Carl-Spaeter-Strasse 10  
56070 Koblenz, DE**

⑳ Inventor/es: **Rinze, Benedictus;  
Heinz, Alfred, Ludwig y  
Keidel, Christian, Joachim**

㉑ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

㉒ Título: **Aleación Al-Zn de alta resistencia y método para producir tal producto de aleación.**

㉓ Resumen:

Aleación Al-Zn de alta resistencia y método para producir tal producto de aleación.

La presente invención se refiere a un producto de aleación Al-Zn de alta resistencia con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad, comprendiendo dicha aleación esencialmente (en porcentaje en peso): Zn: 6,0 - 9,5, Cu: 1,3 - 2,4, Mg: 1,5 - 2,6, Mn y Zr <0,25, pero preferiblemente en un intervalo entre 0,05 y 0,15 para contenidos mayores de Zn, otros elementos, cada uno en menos de 0,05 y, en total, en menos de 0,25, resto aluminio, y en el que (en porcentaje en peso):  $0,1[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2[\text{Cu}] + 2,15$ , preferiblemente  $0,2[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 2,15$ . La invención también se refiere a un método para producir estos productos de aleación y a algunas aplicaciones preferidas de las mismas, tales como aplicaciones de extradós de ala en la aeronavegación.

ES 2 288 389 A1

## DESCRIPCIÓN

Aleación Al-Zn de alta resistencia y método para producir tal producto de aleación.

La presente invención se refiere a una aleación Al-Zn de alta resistencia forjada con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad de acuerdo con la reivindicación 1, a un método para producir una aleación Al-Zn de alta resistencia forjada con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad de acuerdo con la reivindicación 9 y a un producto de chapa de tal aleación, opcionalmente producido de acuerdo con el método. Más específicamente, la presente invención se refiere a una aleación Al-Zn de alta resistencia forjada de la serie designada 7000 según de la nomenclatura de la Aluminum Association para aplicaciones estructurales aeronáuticas. Aún más específicamente, la presente invención se refiere a una nueva ventana de la química para una aleación Al-Zn que tiene combinaciones mejoradas de resistencia mecánica, tenacidad y resistencia a la corrosión, que no necesita tratamientos específicos de maduración o bonificado.

Se conoce en la técnica el uso de aleaciones de aluminio tratables térmicamente en varias aplicaciones que implican una resistencia mecánica relativamente alta, alta tenacidad y alta resistencia a la corrosión, tales como fuselajes de aviones, miembros de vehículos y otras aplicaciones. Las aleaciones de aluminio AA7050 y AA7150 presentan alta resistencia para los estados de bonificado del tipo T6; véase, por ejemplo, patente U.S. n.º. 6.315.842. También productos de las aleaciones AA7x75, y AA7x55 endurecidas por precipitación presentan valores altos de la resistencia en el estado bonificado T6. Se conoce que el estado bonificado T6 intensifica la resistencia de la aleación, respecto a lo cual los productos de las antes mencionadas aleaciones AA7x50, AA7x75 y AA7x55, que contienen altas cantidades de zinc, cobre y magnesio, son conocidos por su alta relación de resistencia a peso y que, por tanto, encuentran aplicación particularmente en la industria aeronáutica. Sin embargo, estas aplicaciones originan una exposición a una amplia variedad de condiciones climáticas que exigen un control cuidadoso de las condiciones de conformación y bonificado para obtener una resistencia mecánica y una resistencia a la corrosión adecuadas, incluida la corrosión bajo tensiones y la exfoliación.

Con el fin de aumentar la resistencia frente a la corrosión bajo tensiones y la exfoliación, así como la tenacidad de fractura, es conocido sobremadurar artificialmente estas aleaciones de la serie AA7000. Cuando la sobremaduración artificial conduce a los estados de bonificado T79, T76, T74 o T73, su resistencia a la corrosión bajo tensiones, la corrosión con exfoliación y la tenacidad de fractura mejoran en el orden establecido (siendo T73 el mejor estado, y T79 próximo a T6) pero a costa de la resistencia mecánica, en comparación con el estado de bonificado T6. Un estado de bonificado aceptable es el tipo de bonificado T74, que es un estado con sobremaduración limitada, entre T73 y T76, con el fin de obtener un nivel aceptable de resistencia a tracción, resistencia a la corrosión bajo tensiones, resistencia a la corrosión con exfoliación y tenacidad de fractura. Este estado bonificado T6 se realiza sobremadurando el producto de aleación de aluminio a las temperaturas de 121°C durante un tiempo de 6 a 24 horas y de 171°C durante aproximadamente 14 horas.

Dependiendo de los criterios de diseño para un componente particular de aviones, incluso pequeñas mejoras en la resistencia mecánica, la tenacidad o la resistencia a la corrosión dan por resultado ahorros de peso, lo que repercute en mejoras económicas a lo largo de la vida en servicio del avión. Para satisfacer estas demandas se han desarrollado otras aleaciones del tipo de la serie 7000.

La patente EP-0377779 describe un método mejorado para producir una aleación 7055 para aplicaciones de chapa fina o chapa en el campo aeroespacial, tales como miembros del extradós del ala, con una tenacidad alta y buenas propiedades frente a la corrosión, que comprende las etapas de trabajar un cuerpo que tiene una composición que consiste en, en % en peso:

Zn 7,6-8,4

Cu 2,2-2,6

Mg 1,8-2,1,

uno o más elementos seleccionados entre

Zr 0,5-0,2

Mn 0,05-0,4

V 0,03-0,2

Hf 0,03-0,5

no excediendo la totalidad de estos elementos de 0,6% en peso, siendo el resto hasta el total aluminio más impurezas incidentales; someter a tratamiento térmico de solubilización este producto y templarlo, y madurar artificialmente el producto calentándolo tres veces en una pasada a una o varias temperaturas de 79°C a 163°C, o calentando tal producto primeramente a una o varias temperaturas entre 79°C y 141°C durante dos horas o más, o calentando el

producto a una o varias temperaturas de 148°C a 174°C. Estos productos presentan una resistencia a la corrosión con exfoliación mejorada, de "EB" o mejor, con un límite elástico aproximadamente 15% más alto que el de piezas de comparación de AAx50 de tamaño similar en el estado bonificado T76. Tienen, además, como mínimo una resistencia aproximadamente 5% mayor que la muestra de comparación de 7x50-T77 de tamaño similar (AA7150-T77 se usará aquí en lo que sigue como aleación de referencia).

La patente U.S. n.º. 5.312.498 describe otro método para producir un producto de aleación de base aluminio que tiene una resistencia a la exfoliación y una tenacidad de fractura mejoradas, que tiene niveles de zinc, cobre y magnesio tales que no haya exceso de cobre y magnesio. El método para producir el producto de aleación de base aluminio utiliza un método de maduración en una o dos etapas junto con un ajuste estequiométrico de cobre, magnesio y zinc. Se ha descrito una secuencia de maduración en dos etapas en la que la aleación se madura primeramente a aproximadamente 121°C durante aproximadamente 9 horas, a lo que sigue una segunda etapa de maduración a aproximadamente 157°C durante un tiempo de aproximadamente 10 a 16 horas, efectuándose seguidamente un enfriamiento al aire. Este método de maduración está dirigido a productos de chapa fina que se usan para aplicaciones tales como piel del intradós del ala o piel del fuselaje.

La patente U.S. n.º. 4.954.188 describe un método para obtener una aleación de aluminio de alta resistencia mecánica caracterizada por una resistencia a la exfoliación mejorada usando una aleación que consiste en los siguientes elementos de aleación, en % en peso:

Zn 5,9-8,2

Cu 1,5-3,0

Mg 1,5-4,0

Cr <0,04,

con un contenido en otros elementos tales como zirconio, manganeso, hierro, silicio y titanio, en total, menor que 0,5, siendo el resto aluminio; la aleación se trabaja obteniéndose un producto de una forma predeterminada, el producto conformado se somete a tratamiento de solubilización, se temple y se somete a un tratamiento de maduración a una temperatura en el intervalo de 132°C a 140°C durante un tiempo de 6 a 30 horas. En esta aleación, las propiedades deseadas de alta resistencia mecánica, alta tenacidad y alta resistencia a la corrosión se alcanzaron rebajando la temperatura de maduración, no elevando esta temperatura como se ha indicado previamente en, por ejemplo, las patentes U.S. n.º. 3.881.966 o U.S. n.º. 3.794.531.

Se ha dado cuenta de que las aleaciones endurecidas por precipitación AA7050 conocidas y otras de la serie AA7000, en el estado bonificado T6, no tienen suficiente resistencia a la corrosión en ciertas condiciones. Pero los estados bonificados del tipo T7 que mejoran la resistencia de las aleaciones al agrietamiento por corrosión bajo tensiones, disminuyen significativamente la resistencia mecánica respecto al estado T6.

Por ello, la patente U.S. n.º. 5.221.377 describe un producto de aleación que esencialmente consiste en aproximadamente de 7,6 a 8,4% en peso de Zn, aproximadamente de 1,8 a 2,2% en peso de Mg y aproximadamente de 2,0 a 2,6% en peso de Cu. Tal producto de aleación tiene un límite elástico que es aproximadamente 10% mayor que el de la muestra comparativa de la aleación 7x50-T6, con buena tenacidad y buena resistencia a la corrosión. Se señala que el límite elástico se de más de 579 MPa, con un nivel de la resistencia a la exfoliación (EXCO) de "EC" o mejor.

La patente U.S. n.º. 5.496.426 describe una aleación como se describe en la patente U.S. n.º. 5.221.377 y un método que incluye laminación en caliente, recocido y laminación en frío dentro de un intervalo preferido de reducción en frío de 20% a 70% que, a su vez, es seguida preferiblemente por un recocido controlado, con lo que se consiguen unas características mejores que las características de AA7075-T6. Si bien AA7955-T6 falló en el ensayo de resistencia a la corrosión bajo tensiones (resistencia al SCC durante 40 días en el ensayo de inmersión alternada en NaCl al 35%) a 138 MPa, la aleación descrita tenía una resistencia al SCC de 241 MPa.

Las patentes U.S. n.º. 5.108.520 y U.S. n.º. 4.477.292 describen un método de maduración para una aleación metálica sometida a tratamiento térmico de solubilización, endurecible por precipitación, que incluye tres etapas de maduración que comprenden (1) madurar la aleación a una o más temperaturas sustancialmente por encima de la temperatura ambiente pero por debajo de 163°C a un límite elástico inferior al pico, (2) seguidamente, madurar la aleación a una o más temperaturas a aproximadamente 190°C para aumentar la resistencia de la aleación a la corrosión y, posteriormente, (3) madurar la aleación a una o más temperaturas sustancialmente por encima de la temperatura ambiente pero por debajo de aproximadamente 163°C para aumentar el límite elástico. El producto resultante exhibía buenas propiedades de resistencia y un buen comportamiento en la corrosión. Sin embargo, el método de maduración en tres etapas es laborioso y difícil de realizar, por lo que aumentan los costes para producir tal aleación.

Es objetivo de la presente invención, por tanto, proporcionar una aleación Al-Zn mejorada, preferiblemente para productos de chapa con alta resistencia y una combinación mejorada de tenacidad y comportamiento frente a la corrosión. Más específicamente, es objetivo de la presente invención proporcionar una aleación que se pueda usar para

## ES 2 288 389 A1

aplicaciones en el extradós del ala de aviones, con un límite elástico a compresión mejorado y propiedades que sean mejores que las propiedades de una aleación convencional AA7055 en el estado bonificado T77.

5 Es otro objetivo de la invención obtener una aleación de aluminio de la serie AA7000 que presente una resistencia en el intervalo de estados bonificados del tipo T6, y una tenacidad y unas propiedades de resistencia a la corrosión en el intervalo de estados bonificados del tipo T73.

10 Es además objetivo de la presente invención proporcionar una aleación que pueda usarse en un método de conformación por fluencia-maduración, aleación que no necesite un método de maduración complicado o laborioso.

La presente invención tiene varios objetivos preferidos.

15 Los anteriores objetivos de la invención se alcanzan usando los rasgos característicos de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen y especifican otras realizaciones preferentes. En la reivindicación 9 se define un método preferente para producir tal aleación y en la reivindicación 14 y las correspondientes reivindicaciones dependientes se reivindica y describe un producto de chapa que corresponde al método.

20 Como se apreciará en lo que sigue, a no ser que se indique lo contrario, las designaciones de aleaciones y estados bonificados se refieren a las designaciones de la Aluminum Association en sus Aluminum Standards y Registration Records, todos publicados por la US Aluminum Association. Todos los porcentajes son en peso, a no ser que se indique lo contrario.

25 Los mencionados objetivos de la invención se alcanzan usando un producto de aleación Al-Zn de alta resistencia, con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad, aleación que esencialmente comprende (en % en peso):

Zn aproximadamente de 6,0 a 9,5

30 Cu aproximadamente de 1,3 a 2,4

Mg aproximadamente de 1,5 a 2,6

Mn <0,12

35 Zr <0,20, preferiblemente 0,5-0,15

Cr <0,10

40 Fe <0,25, preferiblemente <0,12

Si <0,25, preferiblemente <0,12

Ti <0,10

45 Hf y/o V <0,25 y,

opcionalmente, Ce y/o Sc <0,20, especialmente en el intervalo de 0,05 a 0,15,

50 otros elementos, cada uno en menos de 0,05 y, en. total, en menos de 0,25, resto aluminio

en el que

$$0,1[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2[\text{Cu}] + 2,15,$$

55 y preferiblemente,

$$0,2[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,1 [\text{Cu}] + 2,15.$$

60 Esta ventana de la química para una aleación de la serie AA7000 exhibe excelentes propiedades cuando se produce como productos de chapa fina que preferiblemente son utilizables para aplicaciones del extradós de vehículos aeroespaciales.

65 La química antes definida tiene propiedades que son comparables o mejores que las de las aleaciones existentes de las series AA7x50 o AA7x55 en el estado bonificado T77 sin usar los antes descritos ciclos de maduración al estado bonificado T77, laboriosos y complicados. La química conduce a un producto de aluminio que, no sólo es superior en cuanto a la cuestión de costes, sino que también es más simple, puesto que son necesarias menos etapas

del proceso. Además, la química permite nuevas técnicas de producción, como la conformación por fluencia, que no es realizable cuando se aplica una aleación en el estado bonificado T77. Aún mejor, la química definida antes también permite madurar al estado bonificado T77, con lo que la resistencia a la corrosión mejora más en comparación con el método de maduración en dos etapas, que se describe aquí más adelante, resultando mejorado especialmente el comportamiento frente a la corrosión con exfoliación.

Mediante esta invención se ha encontrado que una gama de elementos en un intervalo seleccionado, usando una cantidad más alta de Zn y una composición específica de un intervalo particular de Mg y Cu, exhibe unas combinaciones sustancialmente mejores de resistencia, tenacidad y comportamiento frente a la corrosión, tal como la resistencia a la corrosión con exfoliación y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensiones.

Si bien se ha dado cuenta de que los contenidos de cobre deben mantenerse más altos, preferiblemente por encima de 2,2% en peso, con el fin de mejorar el comportamiento frente a la corrosión con exfoliación y el agrietamiento por corrosión bajo tensiones, se ha dado cuenta también de que son alcanzables mejores combinaciones de resistencia mecánica y densidad con contenidos de zinc relativamente bajos.

En esta invención, sin embargo, se ha encontrado que cantidades altas de zinc junto con una relación optimizada de manganeso a cobre dan por resultado una resistencia mecánica mejor a la vez que se mantiene un buen comportamiento frente a la corrosión y una tenacidad que es mejor que la de las aleaciones convencionales en el estado bonificado T77. Por tanto, es ventajoso tener un contenido combinado de zinc, magnesio y cobre en el intervalo de entre aproximadamente 11,50 y 12,50 (en % en peso) sin manganeso alguno, e inferior a 11,00 en presencia de manganeso que, preferiblemente, está entre 0,06 y 0,12 (% en peso).

Una cantidad preferida de magnesio está en el intervalo de  $0,2[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 2,15$ , muy preferiblemente en el intervalo de  $0,2[\text{Cu}] + 1,4 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 1,9$ . El cobre está en el intervalo de aproximadamente 1,5 a 2,1, más preferiblemente en el intervalo de 1,5 a menos de 2,0. La combinación de magnesio y cobre es importante para la química inventiva.

El cobre y el magnesio son elementos importantes para impartir resistencia mecánica a la aleación. Cantidades demasiado bajas de magnesio y cobre dan por resultado una disminución de la resistencia, mientras que cantidades demasiado altas de magnesio y cobre dan por resultado un comportamiento peor frente a la corrosión y a problemas en cuanto a la soldabilidad del producto de aleación. En la técnica anterior se usan métodos de maduración especiales para mejorar la resistencia y, con el fin de conseguir un buen comportamiento frente a la corrosión, se usan bajas cantidades de magnesio y cobre. Para conseguir un compromiso entre la resistencia, la tenacidad y el comportamiento frente a la corrosión, se ha encontrado que cantidades de cobre y magnesio (en % en peso) entre aproximadamente 1,5 y 2,3 dan un buen resultado para productos de aleación de gran espesor. Sin embargo, el comportamiento frente a la corrosión es el parámetro vital para productos de aleación de pequeño espesor, por lo que deben usarse cantidades más bajas de cobre y manganeso, lo que da por resultado una resistencia mecánica más baja. Mediante la química reivindicada de la presente invención es ahora posible conseguir niveles de resistencia mecánica en la región de una aleación en el estado bonificado T6, a la vez que se mantienen las características de comportamiento frente a la corrosión similares a las de las aleaciones en el estado T74.

Aparte de las cantidades de magnesio y cobre, la invención describe una combinación de cantidades de magnesio y cobre en relación al zinc, especialmente la relación de magnesio a zinc que da a la aleación estas características de comportamiento. La mejorada resistencia a la corrosión de la aleación de acuerdo con la invención tiene propiedades de resistencia a la exfoliación ("EXCO") de EB o mejor, preferiblemente de EA o mejor.

Estas propiedades de exfoliación se miden de acuerdo con las normas de resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensiones ("SCC") y resistencia a la exfoliación ("EXCO") actualmente requeridas para los productos de AA7075, AA7050 y AA7150 madurados a los estados de bonificado T73, T74 y T76, junto con el típico comportamiento para T6. Para determinar si las aleaciones comerciales satisfacen las normas para la SCC, una determinada probeta de ensayo se somete a unas condiciones de ensayo predefinidas. Probetas en forma de barra se exponen a ciclos de inmersión en una solución acuosa de NaCl al 35% durante 10 minutos y seguidamente de secado al aire durante 50 minutos mientras que están sometidas a tracción desde ambos extremos a una deformación constante (nivel de tensión). Usualmente, este ensayo se realiza durante un mínimo de 20 días (o durante menos tiempo si la probeta se rompe o agrieta antes de transcurrir los 20 días). Este ensayo es el de la norma ASTM G47 (G47-98).

Otro ensayo preferido de SCC, realizado de acuerdo con la norma ASTM G47 (G38-73), se usa para productos de aleación extruidos, incluidos productos de chapa fina. El ensayo consiste en comprimir los extremos opuestos de un anillo en forma de C usando niveles de sollicitación a compresión constantes y condiciones de inmersión sustancialmente similares a las descritas antes. Mientras que la aleación AA7075, AA7050 o AA7150 bonificada al estado T6 falla en el ensayo de SCC en menos de 20 días y las propiedades de exfoliación son EC o ED, el comportamiento de resistencia a la corrosión aumenta para los estados de bonificado T76, T74, T76. Para el estado T73, las propiedades de exfoliación son EA o mejor. Se describen aquí posteriormente ejemplos específicos.

La aleación de la invención tiene una química con una cantidad preferida de magnesio y cobre de aproximadamente 1,93 cuando la cantidad (en % en peso) de Zn es de aproximadamente 8,1. Sin embargo, la cantidad (en % en peso) de zinc está en el intervalo de 6,1 a 8,3, preferiblemente en el intervalo de 6,1 a 7,0 si el contenido de manganeso

## ES 2 288 389 A1

es inferior a 0,05 y, preferiblemente, menor que 0,02. En los ejemplos posteriores se describen algunas realizaciones preferentes de la presente invención.

Preferiblemente, la cantidad de manganeso (en % en peso) está en el intervalo de aproximadamente 0,06 a 0,12 cuando la cantidad de zinc es mayor que 7,6. El manganeso contribuye o coadyuva al control del tamaño de grano durante operaciones que pueden causar la recrystalización de la microestructura. Los niveles de manganeso preferidos son más bajos que en las aleaciones convencionales de la serie AA7000, pero pueden elevarse cuando se aumenta la cantidad de zinc.

La cantidad de los elementos adicionales Ce y/o Cr es menor que 0,20, preferiblemente está en el intervalo de 0,05 a 0,15, muy preferiblemente está en torno a 0,10.

Un método preferido para producir un producto forjado de aleación Al-Zn de alta resistencia con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad comprende las etapas de:

(a) colar un lingote con la composición siguiente (en % en peso):

Zn      aproximadamente de 6,0 a 9,5

Cu      aproximadamente de 1,3 a 2,4

Mg      aproximadamente de 1,5 a 2,6

Mn      <0,12

Zr      <0,20, preferiblemente 0,05-0,15

Cr      <0,10

Fe      <0,25

Si      <0,25

Ti      <0,10

Hf y/o V <0,25 y,

opcionalmente, Ce y/o Sc <0,20,

otros elementos, cada uno en menos de 0,05 y, en total, en menos de 0,25, resto aluminio,

en el que (en % en peso)

$$0,1[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2[\text{Cu}] + 2,15,$$

(b) homogeneizar y/o precalentar el lingote después de la colada,

(c) trabajar el lingote en caliente y, opcionalmente en frío, a un producto conformado,

(d) someterlo a tratamiento térmico de solubilización a una temperatura y durante un tiempo suficientes para poner en solución sólida esencialmente todos los constituyentes solubles de la aleación, y

(e) templar el producto sometido al tratamiento térmico de solubilización por temple por proyección o temple por inmersión en agua u otro medio de temple.

Las propiedades de la invención se pueden alcanzar además mediante un método preferido que incluye madurar artificialmente el producto conformado y sometido a tratamiento térmico de solubilización, proceso en el que la etapa de maduración comprende un primer tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 105°C a 135°C, preferiblemente en torno a 120°C, durante un tiempo de 2 a 20 horas, preferiblemente en torno a 8 horas, y un segundo tratamiento térmico a una temperatura superior a 135°C pero inferior a 210°C, preferiblemente en torno a 155°C, durante un tiempo de 4 a 12 horas, preferiblemente durante un tiempo de 8 a 10 horas.

Mediante tal tratamiento térmico en dos etapas se alcanza un comportamiento frente a la corrosión que es similar al comportamiento frente a la corrosión de una aleación en el estado bonificado T76. Sin embargo, también es posible madurar artificialmente el producto trabajado y tratado de forma que la etapa de maduración comprende un tercer tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 105°C a 135°C durante más de 20 horas y menos de 30 horas. Este método de maduración al estado bonificado T77 es conocido e incluso intensifica las características de

comportamiento en comparación con el método de maduración en dos etapas. Sin embargo, el método de maduración en dos etapas da por resultado productos de aleación de aluminio de poco espesor de aleaciones de aluminio que son parcialmente comparables a los productos de bonificado T77 y parcialmente mejores que éstos.

Además es posible madurar artificialmente el producto trabajado y tratado térmicamente con un método de maduración en dos etapas al estado bonificado T79 o T75. Después de homogeneizar y/o precalentar el lingote después de colarlo, es preferiblemente aconsejable trabajar el lingote en caliente y, opcionalmente, trabajar en frío los productos trabajados en caliente a un producto de un espesor de 15 mm a 45 mm, obteniéndose así una chapa fina.

Tal producto de chapa de aleación Al-Zn se puede obtener con una aleación que tiene una composición descrita antes o que se está obteniendo por un método como el descrito antes. Preferiblemente, un producto de chapa así es utilizable como miembro de poco espesor de un avión, más en particular como un miembro estructural de forma alargada. Incluso es más preferido un producto de chapa para uso como miembro de un extradós de ala, preferiblemente, un miembro fino de la piel de un extradós o un rigidizador de un avión.

Las características anteriores y otras ventajas de las aleaciones de acuerdo con la invención resultarán evidentes al considerar la descripción detallada que sigue de realizaciones preferentes.

#### Ejemplo 1

Se realizaron ensayos comparando el comportamiento de la aleación de acuerdo con la presente invención con aleaciones AA7150-T77. Se ha encontrado que los ejemplos de la aleación de la presente invención presentan una mejora sobre las aleaciones convencionales AA7150 en el estado bonificado T77.

Se han colado a escala industrial lingotes de cuatro aleaciones diferentes, que se homogeneizaron, se precalentaron durante más de 4 horas a 410°C y se laminaron en caliente a chapas de 30 mm. Luego, las chapas se sometieron a tratamiento térmico de solubilización a 475°C y se templaron en agua. Posteriormente, el producto templado se maduró por un método en dos etapas a bonificado T79-T76. Las composiciones químicas se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1

*Composición química de las aleaciones de chapa fina, en % en peso; resto aluminio e impurezas inevitables.  
Aleaciones 1 a 4 con Mn ≤ 0,02*

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
Aleación 1 (T7050)	0,03	0,06	2,23	0,00	2,08	0,00	6,24	0,03	0,10
Aleación 2	0,05	0,08	2,05	0,01	2,04	0,01	6,18	0,04	0,11
Aleación 3	0,05	0,09	2,20	0,01	2,30	0,01	7,03	0,04	0,10
Aleación 4	0,04	0,07	1,91	0,02	2,13	0,00	6,94	0,03	0,11

Las aleaciones maduras se ensayaron luego de acuerdo con las siguientes condiciones de ensayo:

El límite elástico a tracción (Rp) se midió de acuerdo con EN 10.002, las propiedades de resistencia a la exfoliación ("EXCO") se midieron de acuerdo con ASTM G-34-97, el agrietamiento por corrosión bajo tensiones ("SCC") se midió de acuerdo con ASTM G-47-98, todos en la dirección ST, el desgarramiento de Kahn (tenacidad) se midió de acuerdo con ASTM E-399 y el límite elástico a compresión ("CYS") se midió de acuerdo con ASTM E-9.

Los resultados de los productos de chapa madurados a T79-T76 de las cuatro aleaciones de la Tabla 1 se presentan en la Tabla 2a cuando se comparan con las aleaciones convencionales bonificadas AA7150-T77, y en la Tabla 2b cuando se comparan con las aleaciones convencionales bonificadas AA7150-T76/T74/T76.

## ES 2 288 389 A1

TABLA 2a

*Presentación general de la resistencia y la tenacidad de las aleaciones de la Tabla 1 (chapas de 30 mm) en comparación con tres aleaciones de referencia (AA7150-T77); las aleaciones 1 a 4 maduradas a T79-T76*

	Rp-L MPa	CYS-LT MPa	EXCO	K <sub>1c</sub> -LT MPa√m
Aleación 1	555	565	EC	35,1
Aleación 2	561	604	EA/B	34,5
Aleación 3	565	590	EB	29,1
Aleación 4	591	632	EB	28,9
AA7150-T77	586	-	EB	28,6
AA7150-T77	579	-	EB	29,2
AA7150-T77	537	-	EA	33,2

NF = sin fallo después de 40 días

TABLA 2b

*Presentación general de la resistencia y tenacidad de las aleaciones de la Tabla 1 (chapas de 30 mm) en comparación con tres aleaciones de referencia (AA7150-T76, AA7150-T74, AA7150-T6); las aleaciones 1 a 4 maduradas a T79-T76*

	Umbral de SCC
Aleación 1	NF a 172 MPa
Aleación 2	NF a 240 MPa
Aleación 3	NF a 240 MPa
Aleación 4	NF a 240 MPa
AA7150-T76	117-172 MPa
AA7150-T74	240 MPa
AA7150-T6	<48 MPa
	NF = sin fallo después de 40 días

Como puede verse en las Tablas 2a y 2b, las aleaciones 1, 2 y 4 presentan mejores combinaciones de resistencia/tenacidad. Las aleaciones 2, 3 y 4 tienen un comportamiento aceptable en EXCO, teniendo las aleaciones 2, 3 y 4 un límite elástico a compresión significativamente más alto que la aleación 1 (aleación AA7050). Las aleaciones 2 y 4 presentan un conjunto de propiedades que hace que sean muy adecuadas en aplicaciones aeroespaciales para el extradós del ala, presentando una combinación de propiedades que es mejor que las de las aleaciones convencionales 7150-T77. Sin embargo, como se presenta en la Tabla 3, aún es posible usar un estado de bonificado T77 para las aleaciones de la invención.



## ES 2 288 389 A1

TABLA 3

*Aleaciones 2 y 4 bonificadas de acuerdo con las condiciones para el estado T77; datos sobre resistencia, tenacidad y comportamiento frente a la corrosión*

	Rp-L MPa	CYS-LT MPa	EXCO	K <sub>1c</sub> -LT MPa√m	Umbral de SCC
Aleación 2	585	613	EA	32,2	NF a 240 MPa
Aleación 4	607	641	EA	26,4	NF a 240 MPa

Se realizaron más ensayos de SCC con la aleación n°. 4, que parecía prometedora, de la que se prepararon cuatro probetas de acuerdo con el método descrito en la norma ASTM G-47-98 (métodos normalizados de ensayo para determinar la susceptibilidad al agrietamiento por corrosión bajo tensiones de productos de aleaciones de aluminio de la serie AA7000) y se expusieron a la atmósfera corrosiva de acuerdo con ASTM G-44-94 (inmersión alterna en una solución acuosa de NaCl al 3,5% de acuerdo con la práctica estándar para evaluar la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensiones de metales y aleaciones).

Para muestras de la aleación 4, se escogieron cuatro niveles diferentes de tensión, como se indica en la Tabla 4. Para cada nivel de tensión se expusieron tres probetas al medio de ensayo (ASTM G-44). Una se extrajo después de 1 semana mientras que las otras dos se expusieron durante 40 días. Cuando no se había producido agrietamiento durante la exposición, se determinaron las propiedades a tracción, que se presentan en la Tabla 4.

TABLA 4

*Propiedades a tracción de la aleación 4 después de haber sido expuesta a cuatro niveles diferentes de tensión; la pretensión estaba actuando en la dirección LT*

Aleación 4	Pretensión MPa	Resistencia a tracción, Mpa	
		1 semana	40 días
	300	524,3	428,0
	340	513,1	416,9
	380	503,1	424,5
	40	515,5	415,1

Como puede verse en la Tabla 4, al aumentar la carga no se midió disminución alguna de la resistencia residual, lo que significa que después de 40 días no apareció corrosión bajo tensiones mensurable, en lo referente a propiedades de resistencia a tracción.

### Ejemplo 2

Cuando se requieren niveles de resistencia mecánica más altos y son menos importantes las propiedades de tenacidad, se prefieren las aleaciones AA7055-T77 en vez de las aleaciones AA7150-T77 como aleaciones para el extradós de alas. La presente invención, por tanto, describe ventanas de cobre y magnesio que exhiben iguales propiedades o mejores que las aleaciones AA7055-T77 convencionales.

Se colaron lingotes de 11 aleaciones diferentes que tenían las composiciones indicadas en la Tabla 5.

# ES 2 288 389 A1

TABLA 5

Composición química, en % en peso, de 11 aleaciones; resto aluminio e impurezas inevitables, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08

Aleación	Cu	Mg	Zn	Mn
1	2,40	2,20	8,2	0,00
2	1,94	2,33	8,2	0,00
3	1,26	2,32	8,1	0,00
4	2,36	1,94	8,1	0,00
5	1,94	1,92	8,1	0,00
6	1,30	2,09	8,2	0,00
7	1,92	1,54	8,1	0,00
9	1,27	1,57	8,1	0,00
8	2,34	2,25	8,1	0,07
10	2,38	2,09	8,1	0,00
11	2,35	1,53	8,2	0,00

Las propiedades de resistencia y tenacidad se midieron después de precalentar las aleaciones coladas a 410°C y laminar en caliente las aleaciones a un espesor de 28 mm. Luego las aleaciones se sometieron a tratamiento térmico de solubilización a 410°C y se templaron en agua. La maduración se hizo durante 8 horas a 120°C y durante 8-10 horas a 155°C (bonificado T79-T76). Los resultados se presentan en la Tabla 6.

TABLA 6

Resistencia mecánica y tenacidad de 11 aleaciones de acuerdo con la Tabla 5 en las direcciones identificadas

	Rp		Rm		Kq
Aleación	L	LT	L	LT	L-T
1	628	596	651	633	28,9
2	614	561	642	604	29,3
3	566	544	596	582	39,0
4	614	568	638	604	33,0
5	595	556	620	590	37,1
6	562	513	590	552	38,6
7	549	509	573	542	41,7
8	530	484	556	522	41,9
9	628	584	644	618	26,6
10	614	575	631	606	28,1
11	568	529	594	568	38,6

## ES 2 288 389 A1

Las aleaciones 3 a 8 y 11 presentaban buenas propiedades de resistencia mecánica, en tanto que las aleaciones 1 a 5 y 9 y 10 presentaban buenas propiedades de tenacidad. Por tanto, las aleaciones 3, 4 y 5 presentan una buena combinación de resistencia y tenacidad, de manera que está claro que el contenido de cobre sea de más de 1,3 y el contenido de magnesio de más de 1,6 (en % en peso) cuando el Zn está en una cantidad de 8,1. Tales cantidades son límites inferiores de las ventanas de cobre y magnesio. Como se puede ver en la Tabla 6, la tenacidad caerá a niveles bajos inaceptables cuando los niveles de cobre y magnesio son demasiado altos (aleaciones 1, 2, 9 y 10).

### Ejemplo 3

Se investigó la influencia del manganeso sobre las propiedades de la aleación de la invención. Se encontró un nivel óptimo de manganeso entre 0,05 y 0,12 en aleaciones con un alto contenido de zinc. Los resultados se presentan en las Tablas 7 y 8. No todas las propiedades de la química mencionadas ni todos los parámetros de proceso son similares a los del Ejemplo 2.

TABLA 7

Composición química (en % en peso) de tres aleaciones (Mn-0, Mn-1, Mn-2); resto aluminio e impurezas inevitables, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08

Aleación	Cu	Mg	Zn	Mn
Mn-0	1,94	2,33	8,2	0,00
Mn-1	1,94	2,27	8,1	0,06
Mn-2	1,96	2,29	8,2	0,12

TABLA 8

Resistencia y tenacidad de tres aleaciones de acuerdo con la Tabla 7 en las direcciones identificadas

Aleación	Rp		Rm		Kq
	L	LT	LT	L-T	
Mn-0	614	561	642	604	29,3
Mn-1	612	562	635	602	31,9
Mn-2	612	560	639	596	29,9

Como se ve en la Tabla 8, las propiedades de tenacidad disminuyen mientras que las propiedades de resistencia aumentan. Para aleaciones que tienen cantidades altas de zinc, un nivel optimizado de Mn está entre 0,05 y 0,12.

### Ejemplo 4

Cuando se requieren niveles superiores de resistencia y las propiedades de tenacidad son menos importantes, se prefieren las aleaciones AA7055-T77 convencionales en vez de las aleaciones AA7150-T77 como aleación para aplicaciones en el extradós de ala. La presente invención, por tanto, describe ventanas optimizadas de cobre y magnesio que presentan propiedades iguales o mejores que las aleaciones AA7055-T77 convencionales.

Se colaron lingotes de dos aleaciones de aluminio diferentes que tenían la composición indicada en la siguiente Tabla 9.

# ES 2 288 389 A1

TABLA 9

Composición química (en % en peso) de tres aleaciones; resto aluminio e impurezas inevitables, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08 (Ref = aleación AA7055)

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
1	0,05	0,09	2,24	0,01	2,37	0,01	7,89	0,04	0,10
2	0,04	0,07	1,82	0,08	2,18	0,00	8,04	0,03	0,10
Ref.			2,1-2,6		1,8-2,2		7,6-8,4		

Las aleaciones 1 y 2 se ensayaron en cuanto a sus propiedades de resistencia. Estas propiedades se presentan en la Tabla 10. La aleación 2 ha sido bonificada de acuerdo con dos condiciones de bonificado (T79-T76 y T77). La aleación de referencia AA7055 ha sido medida en el estado bonificado T77 (Ref M), y se dan también los datos técnicos de una aleación AA7055 de referencia bonificada a T77 (identificada como Ref).

TABLA 10

Resistencia de las dos aleaciones inventivas de la Tabla 9, la aleación n°. 2 en dos condiciones de bonificado, la aleación de referencia (AA7055) medida (Ref M) y según datos técnicos (Ref)

Aleación	Bonificado	Rp L	Rp LT	Rp ST	Rm L	Rm LT	Rm ST
1	T79-T76	604	593	559	634	631	613
2	T79-T76	612	598	571	645	634	618
2	T77	619	606	569	640	631	610
Ref	T77	614	614	-	634	641	-
Ref M	T77	621	611	537	638	634	599

Las propiedades de tenacidad en la dirección LT y TL así como las propiedades de resistencia en el límite elástico a compresión en la dirección L y LT, como también las características de comportamiento frente a la corrosión se dan en la Tabla 11.

TABLA 11

Propiedades de tenacidad y CYS de las dos aleaciones inventivas de la Tabla 9 en diferentes condiciones de bonificado y diferentes direcciones de ensayo. NF = sin fallo después de 40 días a los niveles de tensión indicados; en los otros casos, los días corresponden a cuando falló la probeta

Aleación	Bonificado	K <sub>1c</sub> L-T	K <sub>1c</sub> T-L	CYS L	CYS LT	EXCO	SCC
1	T79-T76	21,0	-	596	621	EC	2,3,8
2	T79-T76	28,9	27,1	630	660	EB	NF a 172 MPa
2	T77	28,8	26,5	628	656	EA	NF a 210 MPa
Ref	T77	28,6	26,4	621	648	EB	NF a 103 MPa
Ref M	T77	-	-	-	-	EB	NF a 103 MPa

## ES 2 288 389 A1

La aleación inventiva tiene propiedades a tracción similares a las de una aleación AA7055-T77 convencional. Sin embargo, las propiedades en la dirección ST son mejores que las de la aleación AA7055-T77 convencional. También el comportamiento frente a la corrosión bajo tensiones es mejor que el de una aleación AA7055-T77. Por tanto, la aleación de la invención se puede usar como un sustitutivo barato de las aleaciones AA7055-T77 bonificadas, lo que es también utilizable para conformación por maduración-fluencia, presentando así una resistencia en el límite elástico y una resistencia a la corrosión superiores.

Habiéndose descrito totalmente la invención, será patente para un experto corriente en la técnica que se pueden hacer muchos cambios y modificaciones sin desviarse del espíritu o ámbito de la invención descrita. La presente invención se define por las reivindicaciones anexas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Un producto de aleación Al-Zn forjada de alta resistencia con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad, aleación que esencialmente comprende (en % en peso):

Zn de 6,0 a 9,5

Cu de 1,3 a 2,4

Mg de 1,5 a 2,6

Mn <0,12

Zr <0,20

Cr <0,10

Fe <0,25

Si <0,25

Ti <0,10

Hf y/o V <0,25 y,

opcionalmente, Ce y/o Sc <0,20,

otros elementos, cada uno en menos de 0,05 y, en total, en menos de 0,25, resto aluminio, y

en el que (en % en peso)

$$0,1[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2[\text{Cu}] + 2,15,$$

2. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad de Mg (% en peso) está en el intervalo de 0,2 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,1[Cu] + 2, 15.

3. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad de Mg (% en peso) está en el intervalo de 0,2 [Cu] + 1,4 < [Mg] < 0,1[Cu] + 1, 9.

4. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el producto de la aleación tiene una resistencia a la corrosión con exfoliación ("EXCO") de EB o mejor.

5. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el producto de la aleación tiene una resistencia a la corrosión con exfoliación ("EXCO") de EA o mejor.

6. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Cu está en un intervalo de 1,5 a 2,1.

7. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Cu está en un intervalo de 1,5 a 2,0.

8. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Zr está en un intervalo de 0,05 a 0,15.

9. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Mg y Cu es de aproximadamente 1,93 cuando la cantidad (en % en peso) de Zn es de aproximadamente 8,1.

10. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Zn está en un intervalo de 6,1 a 8,3, preferiblemente, en un intervalo de 6,1 a 7,0 si el Mn es inferior a 0,05.

11. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Zn está en un intervalo de 6,1 a 8,3, preferiblemente, en un intervalo de 6,1 a 7,0 si el Mn es inferior a 0,02.

12. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Mn está en un intervalo de 0,06 a 0,12 cuando la cantidad de Zn está por encima de 7,6.

13. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Fe es inferior a 0,12.

## ES 2 288 389 A1

14. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cantidad (en % en peso) de Si es inferior a 0,12.

15. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la aleación ha sido madurada artificialmente a un estado bonificado T79 o T76 en un método de maduración en dos etapas.

16. Aleación de acuerdo con la reivindicación 15, en la que el método de maduración en dos etapas consiste en un primer tratamiento térmico a una temperatura en un intervalo de 105°C a 135°C durante un tiempo de 2 a 20 horas, y un segundo tratamiento térmico a una temperatura superior a 135°C pero inferior a 210°C durante un tiempo de 4 a 12 horas.

17. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, cuyo producto es un producto de chapa.

18. Aleación de acuerdo con la reivindicación 1, cuyo producto es un producto de chapa que tiene un espesor en un intervalo de 15 a 45 mm.

19. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un miembro de poco espesor de aviones.

20. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un miembro estructural alargado de un avión.

21. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un miembro de un extradós de ala de un avión.

22. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un miembro de poco espesor de la piel de un extradós de ala de un avión.

23. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un rigidizador de un avión.

24. Aleación de acuerdo con la reivindicación 18, cuyo producto de chapa es un rigidizador de un extradós de ala un avión.

25. Método para producir un producto forjado de aleación Al-Zn de acuerdo con la reivindicación 1, con una combinación mejorada de resistencia a la corrosión y tenacidad, que comprende las etapas de:

(a) colar un lingote con la composición siguiente (en % en peso):

Zn de 6,0 a 9,5

Cu de 1,3 a 2,4

Mg de 1,5 a 2,6

Mn <0,12

Zr <0,20, preferiblemente 0,05-0,15

Cr <0,10

Fe <0,25

Si <0,25

Ti <0,10

Hf y/o V <0,25 y,

opcionalmente, Ce y/o Sc <0,20,

otros elementos, cada uno en menos de 0,05 y, en total, en menos de 0,25, resto aluminio, en el que (en % en peso)

$$0,1[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2[\text{Cu}] + 2,15,$$

(b) homogeneizar y/o precalentar el lingote después de la colada,

## ES 2 288 389 A1

(c) trabajar el lingote en caliente y, opcionalmente en frío, a un producto trabajado,

(d) someterlo a tratamiento térmico de solubilización, y

5 (e) templar el producto sometido al tratamiento térmico de solubilización.

26. Método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el producto trabajado y sometido a tratamiento térmico de solubilización se madura artificialmente, comprendiendo la etapa de maduración un primer tratamiento térmico a una temperatura en un intervalo de 105°C a 135°C durante un tiempo de 2 a 20 horas y un segundo tratamiento térmico a una temperatura superior a 135°C pero inferior a 210°C durante un tiempo de 4 a 12 horas.

27. Método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el producto trabajado y sometido a tratamiento térmico de solubilización se madura artificialmente, comprendiendo la etapa de maduración un tercer tratamiento térmico a una temperatura en un intervalo de 105°C a 135°C durante más de 20 horas y menos de 30 horas.

28. Método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el producto trabajado y sometido a tratamiento térmico de solubilización se madura artificialmente, consistiendo la etapa de maduración en un primer tratamiento térmico a una temperatura en un intervalo de 105°C a 135°C durante un tiempo de 2 a 20 horas y un segundo tratamiento térmico a una temperatura superior a 135°C pero inferior a 210°C durante un tiempo de 4 a 12 horas.

29. Método de acuerdo con la reivindicación 25, **caracterizado** por madurar artificialmente el producto trabajado y sometido a tratamiento térmico de solubilización por un método de maduración en dos etapas a un estado bonificado T79 o T76.

30. Método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que después de homogeneizar y/o precalentar el lingote después de colarlo, se trabaja el lingote en caliente y, opcionalmente, en frío, a un producto trabajado de un espesor en el intervalo de 15 mm a 45 mm.





OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 288 389

⑫ Nº de solicitud: 200550065

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 09.04.2004

⑭ Fecha de prioridad: 10.04.2003

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: C22C 21/10 (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4305763 A (QUIST et al.) 15.12.1981, columna 2, líneas 10-23; columna 5, líneas 59-64; reivindicación 5.	1,2,8, 9-14,25, 26,28
X	GB 2114601 A (ALUMINUM CO OF AMERICA) 24.08.1983, página 2, líneas 8-14; página 7, líneas 11-13; tablas 1-3.	1,4,5,9
X	EP 0587274 A1 (REYNOLDS METALS CO) 16.03.1994, página 4, líneas 32-39; tablas 1.	1-3,6,7
X	EP 0829552 A1 (ALUMINUM CO OF AMERICA) 18.03.1998, página 2, líneas 1-3; tabla 2; página 5, línea 51; página 7, líneas 3-6; página 13, líneas 44-47; página 14, líneas 41-44; página 15, líneas 9-15,43-48; página 16, líneas 19-20.	1,6,7, 15-26, 28-30
X	US 5108520 A (LIU et al.) 28.04.1992, columna 3, líneas 26-43; columna 4, líneas 1-35,61-68; columna 5, líneas 25-41; columna 6, líneas 51-65.	1,25,27

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

25.10.2007

Examinador

J. A. Peces Aguado

Página

1/1